

PEMODELAN DAN SIMULASI DISTILASI BATCH BROTH FERMENTASI PADA TRAY COLUMN DENGAN SERABUT WOOL

Ratih Permatasari¹, Ali Altway², and Susianto³

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Sukolilo, Surabaya 60111 Indonesia
E-mail: ratihpermatasari@gmail.com

Abstrak

Ketersediaan energi sangat penting peranannya bagi kelanjutan kehidupan suatu negara. Pemanfaatan energi terbarukan masih relatif kecil. Beberapa hal yang menghambat pengembangan energi terbarukan. Dan salah satu energi terbarukan adalah bahan bakar nabati. Bahan bakar nabati seperti bioetanol merupakan hasil fermentasi. Untuk memperoleh bioetanol dari fermentasi biasanya menggunakan distilasi batch multikomponen. Distilasi batch multikomponen adalah proses pemisahan zat tertentu berdasarkan titik didihnya. Untuk menunjang hal tersebut, maka dilakukan penelitian permodelan distilasi batch multikomponen etanol dari broth fermentasi. Kemudian validasi dari model matematika yang dibuat dengan hasil penelitian distilasi yang telah dilakukan. Penyelesaian numerik digunakan adalah ODE 45 pada MATLAB yang menggunakan metode Runge-Kutta. Dengan variasi penggunaan reflux ratio, dapat mempengaruhi konsentrasi pada distilat setiap waktu. Sehingga, dapat diketahui waktu yang optimal untuk memperoleh etanol dengan kadar yang diinginkan dalam distilasi batch multikomponen. Hasil sementara antara simulasi dan eksperimen mempunyai kesalahan sebesar 10%. Dari hasil distilat etanol, amly alkohol dan aseton dengan waktu 10,20,30,40,50 dan 60 menit sebesar (90%,89%,88%,86%,84% dan 80% untuk hasil distilat etanol), (0,001, 0,0012, 0,0014, 0,0015, 0,0010 dan 0,0005 untuk hasil amly alkohol) dan (0,001, 0,0007, 0,0005, 0,00051, 0,00051 dan 0,00051 untuk hasil aseton).

Kata Kunci: etanol, destilasi batch multikomponen, broth fermentasi

Abstract

Energy resource is really important for a country. Fossil energy resource still used as main resource energy but the availability of fossil energy resource is dwindling. Renewable energy is a solution as alternative energy but utilization of renewable energy still little. And one of renewable energy is biofuel. Biofuel made of bioethanol from fermentation. To recover bioethanol from broth fermentation, usually using multicomponent batch distillation. Multicomponent batch distillation is refining process based on the volatility. To support this, the research about modelling of multicomponent batch distillation of ethanol from broth fermentation. Then validating the result data of modelling with experimental data. Numerical solution used is ODE 45 on MATLAB which based Runge-Kutta method. Variation of reflux ratio can be done to study the effect of concentration in distillate every time. So, the optimum time can be known to obtain desired concentration of ethanol in distillate. Preliminary results of the simulation experiment has an error of 10%. For preliminary distilat etanol, amly alcohol and acetone vs time 10,20,30,40,50 and 60 minute for ((82,28%,92,37%,91,12%,93,25%,93,10% dan 92,99% distilat etanol), 0,001, 0,0012, 0,0014, 0,0015, 0,0010 dan 0,0005 amly alkohol) dan (0,001, 0,0007, 0,0005, 0,00051, 0,00051 dan 0,00051 acetone).

Keyword : ethanol, multicomponent batch distillation, broth fermentation

PENDAHULUAN

Proses fermentasi bahan yang mengandung gula untuk menghasilkan etanol banyak diaplikasikan dalam industri. Produk yang dihasilkan dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu sebagai minuman beralkohol seperti anggur (wine) dengan konsentrasi etanol relative rendah (sekitar 7,0-8,5 persen berat) atau sebagai bahan bakar dengan konsentrasi etanol setidaknya 92,5-93,8 persen berat atau food grade ethanol yang selain kandungan ethanol nya relative tinggi juga tidak mengandung impurities seperti minyak fusel, asam cuka, acetaldehyde, dan lain-lain yang merupakan produk samping fermentasi. Untuk menghasilkan produk dengan konsentrasi etanol yang cukup tinggi ini perlu proses pemisahan. Umumnya proses pemisahan yang digunakan adalah proses distilasi.

Distilasi paling umum digunakan untuk pemisahan campuran cairan homogen. Pemisahan dilaksanakan dengan memanfaatkan perbedaan titik didih atau volatilitas antara komponen-komponen dalam campuran dengan mendidihkan atau menguapkan lebih banyak komponen yang lebih volatil (Smith & Jobson, 2000). Ketika campuran cairan dari dua komponen dipanaskan, maka uap yang keluar akan mengandung komponen lebih volatil yang lebih besar dibanding cairan didalam ketel. Sebaliknya, ketika uap didinginkan, bahan yang mempunyai titik didih lebih tinggi mempunyai kecenderungan lebih mudah mengembun dari pada komponen dengan titik didih lebih rendah.

Proses distilasi dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu: distilasi *batch* dan distilasi *kontinyu*. Distilasi *batch* ini banyak digunakan di bidang seperti, farmasi, minyak esensial dan beberapa produk minyak bumi. Pada kolom distilasi *batch*, umpan mula-mula dituangkan kedalam ketel dan tak ada lagi bahan yang ditambahkan sampai berakhirnya proses. Perbedaan pokok dari kedua proses distilasi ini adalah bahan untuk distilasi kontinyu, umpan di alirkan masuk ke dalam kolom secara terus-menerus dan sehingga membuat proses dalam kondisi steady state. Untuk proses *batch*, komponen dengan titik didih lebih tinggi makin lama makin meningkat.

Keuntungan proses *batch* dibanding kontinyu, proses *batch* lebih flexible daripada proses kontinyu. Proses *batch* lebih disukai daripada proses kontinyu bila konsentrasi umpan berubah-ubah. Pada proses *batch*, pemisahan campuran yang terdiri dari n komponen dapat dilaksanakan pada satu kolom dengan menggunakan banyak tangki-tangki produk, sedang untuk distilasi kontinyu diperlukan $(n-1)$ kolom. Disamping keuntungan, ada kekurangan dari distilasi *batch* yaitu perubahan yang terus menerus dari bahan umpan dan

dinamika kolom yang kompleks. Sangat sulit untuk menentukan perubahan komposisi dengan waktu diseluruh bagian dari kolom distilasi *batch* pada refluks rasio optimum dengan cara eksperimen karena kerumitan dinamika kolom (Kreul dkk, 1999). Oleh karena itu diperlukan pembuatan model matematik untuk memprediksi kinerja dinamik kolom distilasi *batch* untuk sistim multi komponen.

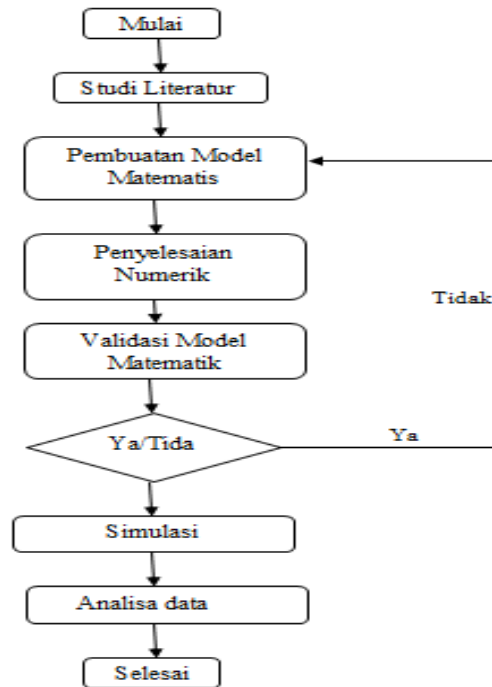
Permodelan distilasi multikomponen dengan sistem *batch* meliputi pembentukan neraca massa, neraca energy, neraca momentum, pemakaian korelasi hubungan kesetimbangan, dan korelasi perpindahan panas dan massa yang umumnya menghasilkan sistim persamaan diferensial parsial atau persamaan diferensial biasa dan sistim persamaan aljabar. Sistem ini sangat kompleks sehingga diperlukan asumsi-asumsi untuk penyederhanaan nya. Ditinjau dari kerumitan dan keakuratan model, model matematik ini diklasifikasikan menjadi tiga yaitu model regorous, model semi regorous dan model short cut. Model short adalah yang paling sederhana, sedang model regorous adalah yang paling rumit. Oleh karena itu penentuan asumsi-asumsi yang resonable diperlukan untuk mendapatkan model yang cukup akurat namun tidak terlalu rumit sehingga memerlukan waktu komputasi yang tak terlalu lama,

Untuk packed column terdapat dua tipe packing yang digunakan yaitu random packing dan structured packing. Untuk random packing, bahan packing dimasukkan kedalam kolom secara acak dengan dituang begitu saja. Contoh dari random packing adalah Raschig ring, Berl saddles dan Pall ring. Seding untuk structured packing, bahan packing disusun secara teratur didalam kolom. Contoh structured packing adalah Sulzer dan Flexipac. Penelitian akhir-akhir ini diarahkan untuk merekayasa suatu structured packing yang memenuhi kriteria pressure drop yang kecil namun efisiensi perpindahan massa yang tinggi (Mc Keiguedan Natarajan, 1997; Schultes, 1999; Pagade, 2002; Irwin dkk, 2002; Hayashida dkk, 2002).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara teoritis dan eksperiment. Penelitian secara teoritis dilaksanakan dengan mengembangkan model matematik proses distilasi *batch* multi komponen dari bahan baku (fermentasi molases) pada *sieve tray* modifikasi yang diisi dengan *packing*. Sistem yang dipelajari adalah *sieve tray* dengan spesifikasi kolom distilasi dengan diameter kolom 5,87 cm, tinggi kolom 2,5 m, dan jenis *packing* adalah *steel wool*.

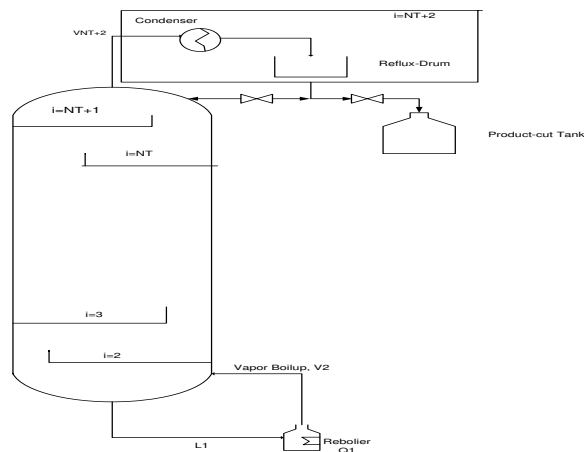
Langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini:



Gambar1 Langkah-langkah pembuatan model matematik untuk proses distilasi batch multikomponen dari bahan baku (fermentasi molases) dalam *sieve tray*

Sistem yang Ditinjau

Sistem yang ditinjau adalah sistem distilasi multikomponen *batch* ditunjukan seperti Gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2 Sistem distilasi *batch* multikomponen dari bahan baku (fermentasi molases) dalam tray column

Bahan yang digunakan :

- | | |
|-----------------|----------------|
| 1. Etanol (6%) | 4. Glycerine |
| 2. Amly Alkohol | 5. Asam Asetat |
| 3. Aseton. | 6. Air |

Variabel tetap pada penelitian ini adalah :

1. Tekanan 760 mmHg (atmosferik)
2. Penambahan packing pada tray ke-1 sampai tray ke-16
3. Reflux rasio 3,5
4. Tinggi Packing 3 cm, 5 cm dan tanpa packing.

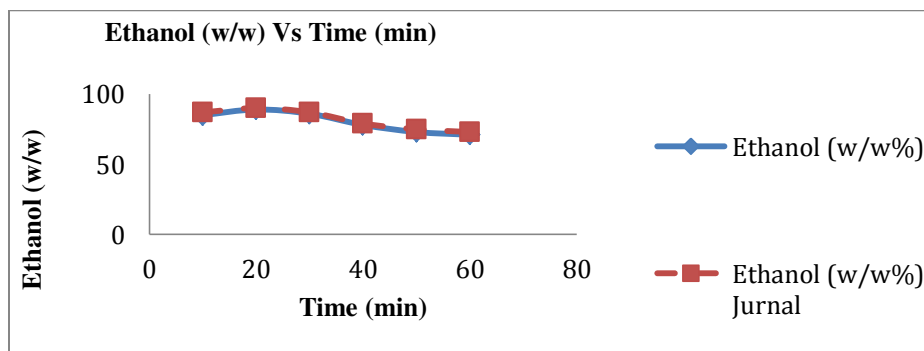
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan data dari *study case* yang berasal dari jurnal dan eksperimen. Data ini digunakan untuk mendapatkan hasil dan model matematis yang sesuai dengan keadaan yang ada. Pemodelan dan simulasi yang dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk melakukan eksperimen distilasi *batch* pada *tray column* yang diisi *packing steel wool* untuk memisahkan ethanol dari *broth* fermentasi dan mengkaji secara teoritis dengan cara simulasi untuk mengkaji pengaruh berbagai variabel proses seperti refluks ratio, lama distilasi, porositas packing terhadap komposisi dan yield produk. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sebuah *random packing* berupa

steel wool. *Steel wool* digunakan karena memiliki performa terbaik jika dibandingkan dengan packing lainnya pada diameter yang kecil (2-4 in), tetapi pada diameter besar penggunaan *steel wool* kurang disarankan karena *steel wool* dapat terbawa liquid sebab *steel wool* hanya bekerja maksimal jika disusun merata.

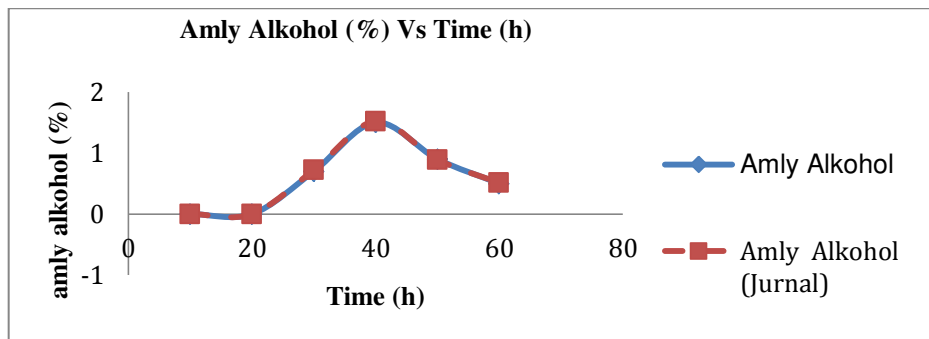
Variabel yang digunakan pada penelitian ini antara lain komponen- komponen yang digunakan untuk feed ethanol 6 (w/w%), aseton 0,00015, asam asetat 0,000236, glycerine 0,0007, amly alkohol 0,00015 (w/w%), dan water 93,876 (w/w%). Pada penelitian ini menggunakan *packed* serabut besi dengan variable tinggi 3 cm dan 5 cm dengan *void fraction* 0,94 dan luas alas 20,5 cm². Temperatur yang digunakan 76,50 °C. Semua data hasil simulasi divalidasi berdasarkan data operasi riil yang diperoleh dari literatur dan eksperiment.

Perbandingan Hasil Konsentrasi Vs Time (h) Simulasi Dengan Literatur (Ethanol, Amly Alkohol, dan Aseton)

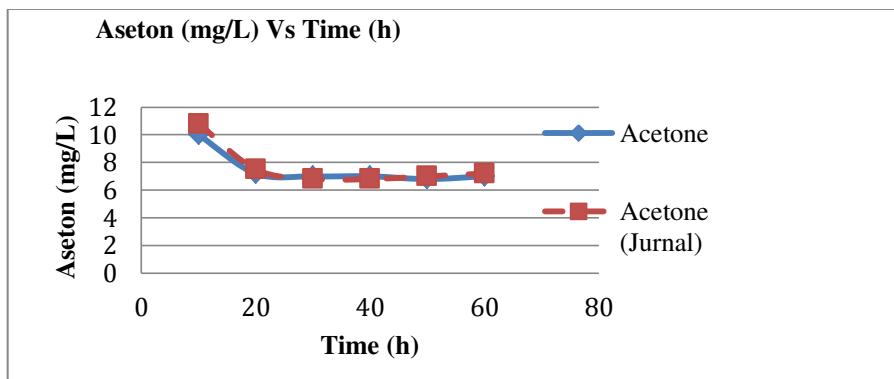


Gambar 3. Komposisi Ethanol (Distilat) Vs Time (h)

Dari hasil dari **Gambar 3**, menunjukkan bahwa konsentrasi etanol bahwa konsentrasi etanol adalah antara 70 sampai 90%(w/w) dalam 10 menit dan 20 menit pertama distilasi. Setelah waktu ini, ada penurunan tajam dalam konsentrasi etanol, mencapai nilai mendekati 65% (w/w) pada suhu 60 menit.



Gambar 4 Komposisi Amly Alkohol (Distilat) Vs Time (h)



Gambar 5.Komposisi Acetone (Distilat) Vs Time (h)

Pada kondisi tempertur yang tetap, kenaikan waktu (time) berpengaruh terhadap kadar (mg/L) amly alkohol dan aseton yang dihasilkan. Semakin lama waktu keadaan distilat maka kadar untuk amly alkohol makin meningkat pada waktu 40 menit, namun pada suhu 50 menit ke atas kadar amly alkohol menurun karena untuk amly alkohol tidak tahan terhadap suhu tinggi (berada di distilat) sedangkan untuk acetone pada Gambar 5 aseton (di dalam distilat) bertahan pada waktu 10 menit menghasilkan (10,8 mg/L) tapi pada waktu diatas 20 menit konsentrasi aseton menunjukkan menurun atau hampir sama dengan waktu 20–60 menit sebesar 7 (mg/L). Sedangkan Gambar 5 untuk kadar acetone menunjukkan suhu semakin lama maka kadar aseton 8 (mg/L).Sedangkan untuk komponen glycerine adalah komponen yang paling banyak (paling bawah) sangat bertahan di dalam distilat karena komponen ini memiliki titik tinggi dan konsentrasi di dalam flask (bejana) distilasi yang sama.

KESIMPULAN

Telah dikembangkan program simulasi untuk Pemodelan dan Simulasi Proses Distilasi Batch Broth Fermentasi pada Tray Column Dengan Serabut Baja (*Steel Wool*) Rigourus *Model*.Hasil prediksi simulasi cukup dekat dengan data literatur eksperimen dengan kesalahan rata-rata 10%. Pada hasil perhitungan simulasi (*rigourus model*) dengan hasil yang didapatkan dari literatur tidak ada perbedaan yang cukup jauh untuk hasil konsentrasi ethanol, acetone, dan asam asetat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkaya, D., “*Determination of A Suitable Measurement Structure for Better Control of Distillation Columns*”, M. Sc. Thesis, Middle East Technical University, Ankara (1990).
- Chen, G. X., Afacan, A., Xu, C., Chuang, K. T., 1990, *Performance of Combined Mesh Packing and Sieve Tray in Distillation*, The Canadian Journal of Chemical Engineering, 68: 382-385.
- Hayashida , S., Kihara, H., Kawakami H.,2002. “*Vapor-Liquid Contactor, Cryogenic Air Separation Unit and Method of Gas Separation*”, Nippon Sanso Corporation, US 2002/0157537.
- Irwin, N.C., Krisnamurphy, R., McKeigue, K., 2002. “*Structured Packing*”. US 2002/014130.
- Jimenez, L., Basualdo, M.S., Gomez, J.C., Toselli, L., Rosa, M., “*Nonlinear Dynamic Modeling of Multicomponent Batch Distillation: A Case Study*”, Brazilian Journal of Chemical Engineering, Volume 19,No. 03, pp. 307 – 317, July – September (2002).
- Kreul, L. U., Górak, A., Barton, P.I.,“*Dynamic Rate – Based Model for Multicomponent Batch Distillation*”, AIChE Journal, Volume 45, No.9, pp. 1953 – 1962, September (1999).
- Macias – Salinas, R. and Fair, J. R., “*Axial Mixing in Modern Packings, Gas, and Liquid Phases: II. Two Phase Flow*”, AIChE Journal, Volume 46, No.1, pg. 79- 91 (2000).

- Mario E.T. Alvarez., John H. Bermudez., Elenise B. de Moraes., Anderson J. Bonon., Maria R. Wolf-Maciel., "Heat Transfer Evaluation of Multicomponent Batch Distillation of the Wine Sugarcane Fermentation" AIDIC Journal, Volume 32, (2013).
- Mori, H., Ito, C., Oda, A. and Aragaki, T., "*Total Reflux Simulation of Packed Column Distillation*", Journal of Chemical Engineering of Japan, Volume 32, No. 1, pp. 69 – 75 (1999).
- Yuwono, K (2013), "Karakteristik Performa Packing Serabut untuk Proses Distilasi, Surabaya :Teknik Kimia ITS.